

原子核理論研究室

研究室構成員

上村 正康 教授

清水 良文 助教授

《 大学院 博士課程 》

佐藤 求 藤井 新一郎 緒方 一介 谷川 知憲

安本 誠一 濱畑 善行

《 大学院 修士課程 》

金城 隆志 新野 康彦 中野 卓也 三浦 文雄

屋舗 和宏

《 研究生 》

大坪 慎一

今年度の研究テーマと成果

[I] 少数粒子系物理の研究

(1) 少数粒子系精密解法の研究

3体系束縛状態を精密に解く方法として、九大グループのヤコビー座標系ガウス型基底関数を用いる方法が非常に普遍的・高速・高精度であるが、これを普及するため、九大計算センターのライブラリプログラム開発の一環として応用プログラムを作成・登録しており、その第4回（最終回）分として、「中心力、スピン軌道力、テンサー力、 L^2 力、 $(LS)^2$ 力、運動量依存力を用いる3体系」についてのプログラムを登録・公開した。使用説明書は、「九大計算センター広報」32巻（1999年）4号に掲載されている（肥山、上村）。また、ガウス型基底関数の弱点である（但し、従来の研究には差し障り無かった）「高振動数の励起状態波動関数の精密記述の困難」を克服し、従来の利点を損なわない新しいタイプ基底関数「複素数サイズのガウス型基底関数」を提唱し、その実用化の可能性を実証した（金城、肥山、上村）。この方法は、今後、3体4体系の束縛状態、散乱状態（Kohn 流変分法による）、共鳴状態（複素座標回転法による）の研究に大いに貢献するであろう。

少数粒子系物理の研究組織活動として、上村は、本年度、「第1回アジア・パシフィック少数粒子系物理国際会議（7月）」のプログラム委員長を務めた。また、CERNの

新しい反陽子生成装置を製作・活用する科研費創成的基礎研究プロジェクト「反陽子を用いた反物質科学（平成 10-13 年度）」の理論班代表を務めている。

(2) パイペロン-核子 (YN) 相互作用とハイパー核構造

我々が昨年度および本年度に理論的予言を行っていた 4 つの重要なハイパー核実験、即ち、(a) ハイパー核での B(E2) を ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$ で初めて観測し、それによりハイパー核のサイズを初めて導出する実験 (KEK-E419)、(b) YN 相互作用のスピンのスピニ力に有用な情報を与える ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$ 核での M1 遷移エネルギーの測定 (KEK-E419) (c) YN 相互作用のスピンの軌道力に有用な情報を与える ${}^{13}_{\Lambda}\text{C}$ 核での E1 遷移エネルギーの測定 (BNL-929)、(d) 同じく、 ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$ 核での E2 遷移エネルギーの測定 (BNL-929)、の結果が本年度に続々と報告され (preliminary も含む)、我々の予言との比較が大きな話題となった。YN スピンの軌道力では、クオーク模型に基づくものがよく実験を説明できること、中間子論に基づくものは 2 倍以上強すぎるということが判明した。また、ハイパー核における $\Lambda \leftrightarrow \Sigma$ 粒子変換の重要な役割を解明するために、 ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ と ${}^4_{\Lambda}\text{He}$ を $(3N + \Lambda) + (3N + \Sigma)$ のチャンネル結合 4 体モデルにより計算が一層進展しており、NSC97f-simulated ポテンシャルにより、 $A=4$ ハイパー核のエネルギーレベル観測値を初めて 4 体計算で説明できた。詳しい解析が進行中である。(肥山、上村)

また、ラムダハイパー核におけるラムダ核子 (ΛN) 有効相互作用の研究に関しては、本年度は特にラムダハイパー核における Λ 粒子の 1 粒子エネルギー準位について詳細な分析を行なった。この 1 粒子エネルギー準位を微視的に計算するためには、自由空間におけるパイペロン-核子 (YN) 間相互作用から出発し、核内における ΣN - ΛN チャンネル結合の効果を検討した上で核内 ΛN 間有効相互作用を導出することが必要となる。我々のグループでは、多体理論 Unitary-Model-Operator Approach (UMOA) の枠組みを拡張することにより、上述の ΛN 間有効相互作用を従来になく精密に求めることに成功していた。しかしながら、これまでの Λ 粒子の 1 粒子エネルギーの計算では、 ΛN 間有効相互作用を用いた 1 体及び 2 体クラスター項を考慮するに止まっていた。UMOA における Λ 粒子の 1 粒子エネルギーの計算は、原理的には Λ 粒子とそれに関与する核子に対するクラスター展開で与えられる。そこで、このクラスター展開が実際に有効であるためには、その次に重要な項である 3 体クラスター項を計算し、その数値的収束性を確かめておかなければならない。本年は、この 3 体クラスター項の計算方法を定式化し、実際に、 Λ ハイパー核 ${}^{17}_{\Lambda}\text{O}$ 、 ${}^{41}_{\Lambda}\text{Ca}$ について様々な YN 間相互作用 (Nijmegen Soft Core (NSC)、NSC97 model a-f、Jülich model \tilde{A} 、 \tilde{B}) を用いて数値計算を行った。その大きさは、 ${}^{17}_{\Lambda}\text{O}$ 、 ${}^{41}_{\Lambda}\text{Ca}$ における Λ 粒子の軌道及び用いる YN 間相互作用により若干の違いはあるが、1 次のポテンシャルエネルギーのせいぜい 3% 程度であることが示され、クラスター展開の有効性が確かめられた。また、近年行われた実験により、核子のものと比べてかなり小さいと思われている、 Λ 粒子

の ls splitting の大きさが次第に分かってきているが、これに対しては3体クラスター項はほとんど寄与しないことも明らかにした。(藤井、岡本(九工大)、鈴木(九工大))

(3) 反陽子を用いる反物質科学、ミュオン触媒核融合サイクルの研究

CERNの新しい反陽子生成装置を製作・活用する科研費創成的基礎研究プロジェクト「反陽子を用いた反物質科学(平成10-13年度)」の一環として次の研究を行っている。(a) 組替え座標結合法により反陽子ヘリウム原子3体系の超精密計算に基づく研究を継続している。本年度は、得られた3体の波動関数を使い、反陽子ヘリウム原子の電気双極子モーメント強度の計算を行った。この精密な値を使うと、反陽子ヘリウム原子の遷移波長の標的ヘリウム密度依存性に関する実験結果を従来のモデル(2体間にファン・デル・ワールス力を仮定した衝突係数法)では説明出来ず、新しいモデルが必要なことを明らかにした。(木野、上村)。(b) 反水素を長時間保持するための基礎研究として、極低温での反水素-水素反応素過程の4体系計算を開始した。CCBA法における入射チャネルの断熱近似波動関数の非断熱的改良から始めている。(八尋、神里、上村)。

ミュオン触媒核融合に関する理研ーラザフォード研の共同プロジェクトに参加している。超高強度ミュオンビームを用いた実験により、ダブルミュオン水素分子 $XY\mu\mu(X, Y=p, d, t)$ が初めて観測されることが期待されている。これについて昨年度に続き系統的研究を行った。本年度は特に、ミュオン運動の非断熱性に注目し、通常の水素分子の断熱ポテンシャルをスケールリングしたのを用いた断熱計算との比較により、非断熱効果が非常に大きいことを示した。(濱畑、肥山、上村)。

(4) 不安定核の研究

現実的核力を用いた $\alpha+2n$ OCM モデルにより ${}^6\text{He}$ の構造をよく記述できる事は示されているが、この現実的核力を用いた $\alpha+2n, \alpha+3n$ OCM モデルでの複素スケールリング法を用いた ${}^6\text{He}, {}^7\text{He}$ の共鳴状態の構造の研究をスタートした。 ${}^7\text{He}$ については励起状態に関する新しい実験の報告がなされており、この状態の構造に特に注目している。今年は前段階として、 ${}^7\text{He}$ のこのモデルでの束縛近似計算による構造の研究と共鳴状態に適した基底関数の開発に着手した。(濱畑、肥山、上村)。

(5) 半古典歪曲波模型による中高エネルギー核反応の理論的研究

半古典歪曲波模型(SCDW)は、多段階直接過程を記述する量子力学的模型のひとつであり、200MeV以下の核子核散乱における断面積のデータをかなり良く再現する。また減偏極の計算においては、2段階過程まで取り入れた結果、実験値の半定量的な再現に成功しており、さらに有効相互作用に対する媒質補正の効果(媒質効果)が顕著に見られることも明らかにした。このことは、原子核内における有効相互作用に対して何らかの情報を引き出し得るものと期待される。今回我々は模型に相対論的補正を加え、断面積や減偏極の測定が盛んに行われている、より高いエネルギー領

域 (350-400MeV) の反応に対して模型を適用し、従来と同様かなり良い精度で断面積の実験値を再現することを明らかにした。これと並行して、核内核子の波動関数をより現実的に取り扱うために一体密度行列の Wigner 変換を組み込む理論改良もなされ、これにより理論値と実験値の一致の精度が著しく改善された。(緒方、河合、渡辺 (総理工)、孫 (総理工))。

[II] 高速回転・巨大変形する原子核の構造

近年、重イオン加速器と γ -線測定技術の進展によって高い角運動量を持った原子核の励起状態 (高スピン極限状態) を詳細に調べることが可能になってきた。原子核理論の研究グループでは、このような高速回転する原子核構造の微視的立場からの研究を続けている。

(1) 超変形回転バンド

一般に、与えられた角運動量に対する最低エネルギー状態をイラスト状態というが、高速回転の効果によって基底状態近傍では現れなかった色々なタイプの変形状態が低い励起エネルギー状態、すなわち、イラスト状態近傍に出現する。特に、興味深いのは慣性能率が大きくなることによって回転エネルギーで得をする巨大変形状態である。これまでに、質量数 $A \approx 60, 80, 130, 150, 190$ の領域にこのような大きな変形をもつ超変形回転バンドが観測されており、いろいろな研究が行なわれている。本年度は特に励起超変形回転バンドの崩壊現象を中心に研究を行なった。これは、巨大な変形状態が通常の変形状態に遷移するわけで、変形の自由度の空間の中でのトンネル現象とみなせる。励起超変形状態の計算ができるようにこれまでのトンネル現象の取扱いの拡張を行なうことによって、回転減衰 (rotational dumping) の考え方による「励起超変形回転バンドの数」定量的評価が可能になり、実験と直接比較できるようになった (吉田 [奈良大]、松尾 [基礎物理学研究所]、清水)。

(2) 斜向クランキング法による回転運動

高速回転する原子核では変形の自由度だけでなく回転運動の自由度が核構造の理解に重要な役割を果たす。高スピン極限では回転の軸は変形の最大の慣性能率をもつ変形主軸の回りになると考えられるが、実際に観測されている状態では実際には回転軸が主軸から傾いたような回転状態が数多く存在し、この回転軸の傾きの自由度はイラスト近傍でも重要な役割を果たすことがわかってきた。それに対する最も簡単なアプローチは傾いた軸に対して定常回転を仮定する斜向クランキング法 (Tilted Axis Cranking/ Tilted Axis Rotation) である。本年度も引き続きこの方法を用いて現実的な原子核への適用を進めている。特に、回転軸の自由度に対するポテンシャル面の計算では、この自由度に対して Strutinsky の方法を取り入れたこと、勾配法 (gradient method) に基づくより安定性の高い計算法を開発したこと、の 2 点の改良を行なっ

た。これにより、回転軸の傾きの自由度についても変形の自由度と同様な計算が可能になりつつある（大坪、清水）。

(3) 変形回転核での核子の有効質量

原子核内の核子は核力や集団運動の自由度との結合効果によって、自由空間での核子とはかなり違った性質を示す。特に重要なものとして、フェルミ面近傍での一粒子エネルギースペクトルの結合効果によるズレがあり、これは核内核子の有効質量という形で表すことができる。この有効質量がどれくらい1からずれているかは、原子核の研究での基本的な物理量の評価、例えば、いろいろな遷移現象の分析に使われる準位密度、に重大な影響を及ぼす。一般にこの結合効果は集団運動の自由度の性質に強く依存するので、それらが性格変化を起こす高スピン・高励起状態では基底状態近傍では有効質量に対する影響も異なっていると考えられ、変形回転核での核子の有効質量を調べるのは核物理にとって基本的で重要なことであると思われる。ここ数年にわたって、ミラノ大学およびニールス・ボーア研究所との共同研究により、この問題の研究を行なっている。本年度はようやくいろいろな計算上の困難を乗り越えて、回転する原子核における四重極および八重極集団振動状態との結合効果を定量的に計算することができるようになり、典型的な回転核である ^{168}Yb を例にとって詳細に調べた。高スピンの領域 ($\hbar\omega_{\text{rot}} \approx 0.6 \text{ MeV}$) では、振動状態の集団性が減少するために結合効果はほとんど消失し、 ω -mass はほとんど1に近くなってしまいがわかった。また、これらの計算の高励起状態（有限温度状態）への拡張についても、現在進行中である（P. Donati[Milano], T. Døssing[NBI], 清水、水鳥 [阪大], P. F. Bortignon[Milano], R. A. Broglia[Milano]）。

[III] 原子核の中低エネルギー集団励起状態の微視的構造

(1) Dyson boson mapping の Hermite 化の近似精度

我々のグループでは、展開の切断近似の必要の無い Dyson mapping を推奨し、現実の原子核の解析に用いて来た。これまで解析した様々な原子核において常に、Hermite 化の手法を使った事による誤差は 1% 以下と非常に良かったが、これに対する他のグループからの疑問に答えるため、相互作用の強さのパラメーターや、元々のフォノンがどれほどボソンのようなものであるかを示す係数 C_L を恣意的に変えた様々な状況下で、その近似精度が常に非常に良い事を確かめた。また、同じ角運動量を持つフォノンが多種類存在する場合についても ^{114}Cd において 2 種類の Quadrupole phonon を導入した計算を行い、以前の場合に比べて若干は近似が悪くなるものの、それでも誤差はせいぜい 3% 以内であり、Hermite 化の手法は依然としてかなり良い近似である事を確かめた。（佐藤、清水、高田）

(2) Boson 展開法の新展開 — Boson 展開法の精度の検討, Holstein-Primakoff 型 boson 展開法の新しい方法 —

上述した Dyson mapping の Hermite 化の手法に基づき、我々は近年 normal-ordered Holstein-Primakoff 型 boson 展開法を開発し、現実的な原子核 (特に球形から遷移領域における核) での低い励起状態の計算を通し、HP 型の boson 展開の 4 次の切断近似がかなり良い事を明らかにした。本年度ではその手法をさらに発展させ、collective boson 一種類に限った場合ではあるが 6 次までの boson Hamiltonian に必要な phonon の boson expansion の高次項を求めた。(佐藤, 高田)

(3) jj -結合殻模型計算の汎用プログラムの開発

我々は jj -結合殻模型計算のプログラムを作成する機会を持ち、その作成の過程で、殻模型の Hamiltonian の行列要素を、 $6-j$ 記号や $9-j$ 記号を用いて直接数式で簡単に書き表すことが出来る極めて有用な表示を発見した。この表示を用いた高速な殻模型計算の汎用プログラムの作成に取りかかり、次のような制限のもとで一応の完成をむかえた: i) 1 粒子準位の数、中性子、陽子、それぞれ 4 レベルまで。従って、 sd shell や pf shell は原理的にすべて取り扱い可能。ii) ハミルトニアン行列次元数に関する制限について、現在、15,100 次元を超えるとストップするようにしている。これは、コンピュータのメインメモリの性能により変更可能。ちなみに、 sd -shell の最大はこの制限以下。iii) 2 体相互作用は湯川型、ガウス型と SDI が使用可能。これ 2 体相互作用部分のプログラムを修正することにより、Kuo, KB3, USD などの相互作用もすべて使用可能。現在のところ、 ^{24}Mg の $J^\pi = 0^+ \sim 8^+$ のハミルトニアン行列要素を全て計算するのに、Pentium 400Hz (メモリー 128MB) のパーソナルコンピュータで約 16 分であり、更なる高速化を目指して検討中である。また、近日中にプログラムを公開する予定であり、そのためのマニュアル作りに取り掛かっている。(高田, 佐藤, 安本)

(4) 準粒子表示 boson mapping の汎用プログラム

上述の、Dyson boson mapping および normal-ordered Holstein-Primakoff boson expansion を閉殻から遠く離れた領域の核に応用出来るよう、準粒子表示での計算機汎用プログラムの開発が求められる。我々は以前よりこの課題に着手していたが、汎用性を重んじるため、集団運動空間としてかなり多種類のフォノンを取り込むことができるよう、新しい定式を作り、計算アルゴリズムを開発した。これにより、広い領域の原子核において、色々な multipolarity の相関を考慮できる boson mapping が応用可能となるはずである。本年度においては、上の項にも述べたように Hamiltonian の行列要素を直接、数式で表すという新しい手法が開発されたため、計画は大きく転換した。(佐藤, 清水, 高田)

(5) 核物質における超流動への相対論的アプローチ

原子核における相対論的ハドロン多体論は過去 20 年余理論的枠組みの構築が進められる中、非相対論的核子多体論と肩を並べる定量性を持つに至った。しかし一部の

現象については、本理論に基づく理解が未だ行き届いていない。その一つが開殻有限核や中性子星で重要な対相関である。対相関の正確な記述には、粒子-粒子チャンネル相互作用の振る舞いの解明が不可欠である。出発点として運動量移行 $q \neq 0$ なる部分の改良を試み、粒子-空孔チャンネルに相対論的平均場を用いる近似の範囲で妥当なギャップ値が得られることを示した。原理的に高運動量まで関与する物理である対相関において本件は興味深い課題であり、中間子・反核子自由度の陽な取り扱いを含め、多面的に研究を進めていく必要がある。また、不安定核実験技術の進歩に伴うアイソスピン極限の物理への関心から、中性子-陽子 (np) 対相関が再び注目されている。これを背景とした非対称核物質でのアイソベクトル型 np 対相関の研究が現在進行中である (谷川, 松崎)。

他方、中性子星への応用についても研究は広がっている。中性子星内殻は、ニュートリノ放出によるコアでの温度変化の表面への伝わり方を決定する。従って内殻での比熱は、中性子星の冷却過程に大きな影響を与える。内殻では、中性子の海に浸っているクーロン格子をなす中性子過剰核の存在により核子密度に空間的不均一性があり、ここでの超流動性が比熱の決定に大きな役割を果たす。我々は、中性子過剰核を中心とする Wigner-Seitz セル内に局所密度近似 (LDA) を適用することにより、対ギャップの不均一性及びその比熱への効果を相対論的枠組みで調べた。これは、相対論的平均場理論での粒子-粒子チャンネル相互作用に運動量カットオフを導入する事によって均一核物質での対相関の現実的記述を可能にした谷川-松崎の研究の応用と位置づけられる。結果を非相対論的な計算と比較することにより、飽和密度近傍 (中性子過剰核内) でのギャップの振る舞いが比熱に大きな影響を与えることを確認した。(中野, 松崎)

発表論文リスト

《 原著論文 》

(1) Y. Watanabe, R. Kuwata, Sun Weili, M. Higashi, H. Shinohara, M. Kohno, “Semiclassical distorted wave model analysis of multistep direct ($p, p'x$) and (p, nx) reactions to the continuum”, K. Ogata, and M. Kawai, Phys. Rev. **C59** (1991), 2136.

(2) K. Ogata, M. Kawai, Y. Watanabe, Sun Weili, and M. Kohno, “Theoretical modification on semiclassical distorted wave model and its application to the study of spin observables”, Phys. Rev. **C60** (1991), 054605.

(3) Sun Weili, Y. Watanabe, M. Kohno, K. Ogata, and M. Kawai, “Semiclassical distorted wave model with Wigner transform of one-body density matrix”, Phys. Rev. **C60** (1999), 064605.

- (4) S. Fujii, R. Okamoto and K. Suzuki, “Unitary-model-operator approach to Λ hypernuclei”, Nucl. Phys. **A651** (1999), 411-433.
- (5) M. Matsuzaki and T. Tanigawa, “Effects of Meson Mass Decrease on Superfluidity in Nuclear Matter”, Phys. Lett. **B445** (1999), 254.
- (6) T. Tanigawa and M. Matsuzaki, “Constructing Effective Pair Wave Function from Relativistic Mean Field Theory with a Cutoff”, Prog. Theor. Phys. **102** (1999), 897.
- (7) P. Donati, T. Døssing, Y. R. Shimizu, P. F. Bortignon and R. A. Broglia, “A Complex Integration Technique to Remove Spurious States Associated with Spontaneously Broken Symmetries in RPA Calculations”, Nucl. Phys. **A653** (1999), 27-44.
- (8) P. Donati, T. Døssing, Y. R. Shimizu, P. F. Bortignon and R. A. Broglia, “Nucleon-Phonon Coupling in Hot, Rapidly Rotating Nuclei (I) — Formulation —”, Nucl. Phys. **A653** (1999), 225-247.
- (9) M. Sato, Y. R. Shimizu and K. Takada, “Test of Validity of the Hermitian Treatment of the Dyson Boson Mapping”, Prog. Theor. Phys. **102** (1999), 287-296.
- (10) T. Hayakawa, M. Oshima, Y. Hatsukawa, J. Katakura, H. Iimura, M. Matsuda, S. Mitarai, Y. R. Shimizu, S. -I. Ohtsubo, T. Shizuma, M. Sugawara and H. Kusakari, “Rotational bands of ^{155}Gd ”, Nucl. Phys. **A657** (1999), 3-18.
- (11) R.A.D. Piyadasa, M. Kawai, M. Kamimura and M. Yahiro, “Convergence of the solution of the continuum discretized coupled channels method”, Phys. Rev. **C60** (1999), 044611-1-11.

⟨⟨Proceedings⟩⟩

- (1) Y. Watanabe, Sun Weili, K. Ogata, M. Kohno, and M. Kawai, “Analysis of Multistep Direct $(p, p'x)$ and (p, nx) Reactions by Semi-Classical Distorted Wave Model”, Proceedings of the RCNP International Mini Symposium on Nuclear Responses and Medium Effects, Osaka, Japan, November 26-28, 1998, p. 205.
- (2) T. Tanigawa and M. Matsuzaki, “Effects of Meson Mass Decrease on Superfluidity in Nuclear Matter”, *Proceedings of the APCTP-RCNP Joint International School and the 1998 YITP Workshop “PHYSICS OF HADRONS AND QCD”*, Osaka and Kyoto, October 12-16, 1998 (World Scientific, Singapore, 1999), pp. 244-247.
- (3) T. Tanigawa and M. Matsuzaki, “Effects of Meson Mass Decrease on Superfluidity in Nuclear Matter”, *Proceedings of the RCNP International Symposium*

on “Nuclear Responses and Medium Effects (MEDIUM '98)”, Osaka, November 26-28, 1998 (Universal Academy Press, Tokyo, 1999), pp. 237-241.

(4) P. Donati, T. Døssing, Y. R. Shimizu, P. F. Bortignon, R. A. Broglia, “Self-Energy of Single-Particle States in Deformed, Rapidly Rotating Nuclei”, Proceedings of Topical Conference on *Giant Resonances* - GR98, 11-16 May, 1998, Milano, Italy, Nucl. Phys. **A649** (1999), 25c.

(5) T. Nakatsukasa and Y. R. Shimizu, “Microscopic Calculation of Transition Intensities for Vibrational Bands and High- K Isomers”, Proceedings of International Conference on *Nuclear structure at the extremes*, (on the occasion of the 40th anniversary of SU(3) symmetry in nuclear physics), 17-19 June 1998, Lewes, UK., J. Phys. **G25** (1999), 795.

(6) M. Kamimura, E. Hiyama and Y. Kino, “New comprehensive calculation of muon initial sticking to ^4He in $dt\mu$ fusion, Hyperfine Interactions **118** (1999) 217-222.

(7) Y. Kino, M. Kamimura, and H. Kudo, “Non-adiabatic calculation of antiprotonic helium atomcules”, Hyperfine Interactions **119** (1999) 201-206.

(8) Y. Hamahata, E. Hiyama and M. Kamimura, “Non-adiabatic four-body calculation of double-muonic hydrogen molecules”, Proceedings of the Workshop on Ultra-high Intensity Muon Beam and Muon Science in the 21st Century, 23-25 March, 1999, Muon Science Laboratory, KEK

《その他の論文》

(1) 清水良文、「特集:現代物理学の展望と未来」 — 「極限状態の原子核」, 数理学 1999年4月号 (No.430), p.37.

著書

なし

講演

《海外での講演》

(1) S. Fujii, R. Okamoto and K. Suzuki, “Energy-independent and hermitian Lambda N effective interaction and properties of Lambda in hypernuclei”, APCTP Workshop on *Strangeness Nuclear Physics* (SNP'99), 19-22 February 1999, Seoul, Korea.

(2) Y. R. Shimizu, “Topics in the Study of Rapidly Rotating Nuclei”, in Proceedings of the 4th Korea-Japan Joint Symposium on *Cyclotrons and Nuclear Science*, March, 19-21, 1999, KCCH-KAERI, Seoul, Korea.

(3) E. Hiyama, M. Kamimura, T. Motoba, T. Yamada and Y. Yamamoto, “Four-body calculation of ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ and ${}^4_{\Lambda}\text{He}$ with realistic YN and NN Interactions”, APCTP Workshop on Strangeness Nuclear Physics (SNP’99), February 19-22, 1999, Seoul, Korea.

(4) M. Kamimura, E. Hiyama, T. Motoba, T. Yamada and Y. Yamamoto, “Three-body model study of gamma transition in $A=7$ hypernuclei”, APCTP Workshop on Strangeness Nuclear Physics (SNP’99), February 19-22, 1999, Seoul, Korea.

(5) E. Hiyama, M. Kamimura, T. Motoba, T. Yamada and Y. Yamamoto, “Three- and four-body structure of light lambda hypernuclei”, JLAB sponsored Workshop on Hypernuclear Physics with Electromagnetic Probes”, December 2-4, 1999, Hampton, USA.

《 国内での講演 》

(1) K. Ogata, Y. Watanabe, Sun Weili, M. Kohno, and M. Kawai, “Calculation of spin observables with the semi-classical distorted wave (SCDW) model”, TMU-RCNP symposium on Spin in Nuclear and Hadronic Reactions, Tokyo Metropolitan University, Japan, October 26-28, 1999.

(2) K. Ogata, Y. Watanabe, Sun Weili, M. Kohno, and M. Kawai, “Semi-classical distorted wave model analysis of multistep direct $(p, p'x)$ and (p, nx) reactions at intermediate energies”, YITP Symposium on Frontiers of Nuclear Collision Dynamics, YITP, Kyoto University, Japan, November 21-22, 1999.

(3) T. Tanigawa and M. Matsuzaki, “Effect of meson mass decrease on superfluidity in nuclear matter”, The International Symposium on Models and Theories of the Nuclear Mass, RIKEN, Wako, Japan, July 19-23, 1999.

(4) Y. Hamahata, E. Hiyama, M. Kamimura and Y. Kino, “Prediction of energy levels of double muonic hydrogen molecule with a latest four body calculation code”, RIKEN Symposium on Muon Science, April 13-14, 1999, Wako.

(5) E. Hiyama, M. Kamimura, T. Motoba, T. Yamada and Y. Yamamoto, “Four-body Calculation of ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ and ${}^4_{\Lambda}\text{He}$ with $\Sigma N - \Lambda N$ Conversion”, The First Asia-Pacific Conference on Few-body Problems in Physics”, August 23-28, 1999, Noda/Kashiwa,

- (6) Y. Kino, M. Kamimura and H. Kudo, “High-Precision Calculation of Antiprotonic Helium Atomcules and Antiproton Mass”, The First Asia-Pasific Conference on Few-body Problems in Physics”, August 23-28, 1999, Noda/Kashiwa,
- (7) 緒方一介, 渡辺幸信, 孫偉力, 河野通郎, 河合光路, “半古典歪曲波模型 (SCDW) を用いたスピン偏極量の研究”, 第1回極限状態におけるハドロン科学研究会, 1999年3月, 日本原子力研究所 東海研究所
- (8) 緒方一介, 渡辺幸信, 孫偉力, 河野通郎, 河合光路, “半古典歪曲波模型 (SCDW) を用いたスピン偏極量の研究—多段階過程の寄与および媒質効果の解析—”, 日本物理学会年会, 1999年3月, 広島大学
- (9) 緒方一介, 渡辺幸信, 孫偉力, 河野通郎, 河合光路, “半古典歪曲波模型 (SCDW) による 350-400MeV 陽子入射核反応の理論的解析”, 日本物理学会分科会, 1999年9月, 島根大学
- (10) 藤井新一郎, 岡本良治, 鈴木賢二, “ユニタリー変換法による ${}_{\Lambda}^{41}\text{Ca}$ における Λ の単一粒子エネルギーの計算”, 日本物理学会年会, 1999年3月, 広島大学
- (11) 藤井新一郎, 岡本良治, 鈴木賢二, “ Λ の単一粒子エネルギーに対する3体クラスター項の効果”, 基研滞在型研究会『ハイペロンの混合とストレンジネス多体系』, 1999年8月, 京都大学基礎物理学研究所
- (12) 藤井新一郎, 岡本良治, 鈴木賢二, “ Λ ハイパー核における微視的 ΛN 有効相互作用と Λ の単一粒子エネルギー”, 理研第8回 RI ビームの物理を考えるワークショップ及び科研費特定領域「ストレンジネスを含む原子核」総括班研究会『不安定核・ハイパー核合同勉強会』, 1999年9月, 理化学研究所
- (13) 谷川知憲, 松崎昌之, “核物質中の超流動性に対する中間子質量減少の効果”, 日本原子力研究所研究会 第1回『極限条件におけるハドロン科学』研究会, 1999年3月, 日本原子力研究所先端基礎研究センター
- (14) 谷川知憲, 松崎昌之, “量子ハドロン力学による非対称核物質の np 対相関の研究”, 日本物理学会年会, 1999年3月, 広島大学
- (15) 谷川知憲, 松崎昌之, “カットオフ入り相対論的平均場理論による対波動関数の構成”, 日本物理学会分科会, 1999年9月, 島根大学
- (16) 谷川知憲, 松崎昌之, “超流動ギャップ方程式に適用可能な相対論的核子間有効相互作用の構成”, 日本物理学会九州支部例会, 1999年11月, 長崎大学
- (17) 谷川知憲, 松崎昌之, “核物質の超流動性への中間子質量減少の効果”, 基研滞在型研究会『多体系の場の理論の新展開』, 1999年12月, 京都大学基礎物理学研究所
- (18) 中野卓也, 松崎昌之, “中性子星内殻の超流動性に対する相対論的アプローチ”, 日本物理学会九州支部例会, 1999年11月, 長崎大学
- (19) 佐藤求, 高田健次郎, “Dyson 型の hermite 化の手法の精度”, 日本物理学会年

会, 1999年3月, 広島大学

(20) 清水良文, “原子核の変形と回転”, 基礎物理学研究所研究会「有限量子系物理の新しい展開」, 1999年5月31日-6月2日

(21) P. Donati, T. Dössing, 清水良文, 水鳥正二郎, P. F. Borgignon, R. A. Broglia, “変形・回転核における核子の有効質量”, 日本物理学会分科会, 1999年9月, 秋田大学

(22) 大坪 慎一、清水 良文, “Application of Tilted Axis Cranking model to high- K isomer decay”, 日本原子力研究所東海研究所 研究会、「ガンマ線核分光と短寿命核のフロンティア」, 1999年12月8日-9日.

(23) 吉田光次、松尾正之、清水良文, “Decay-Out of Exited Superdeformed States”, 日本原子力研究所東海研究所 研究会、「ガンマ線核分光と短寿命核のフロンティア」, 1999年12月8日-9日.

(24) 肥山詠美子、上村正康、元場俊雄、山田泰一、山本安夫, “軽いハイパー核のガンマ線スペクトロスコピー”, 日本物理学会年会, 1999年3月、広島大学

(25) 濱畑善行、肥山詠美子、上村正康、木野康志, “ダブルミュオン分子の4体構造と分子内核融合”, 日本物理学会年会, 1999年3月、広島大学

(26) 木野康志、西村直之、上村正康、工藤博司, “組替えチャンネル結合法による準安定反陽子ヘリウム原子の精密計算 II”、の4体構造と分子内核融合”, 日本物理学会年会, 1999年3月、広島大学

(27) 肥山詠美子、上村正康、元場俊雄、山田泰一、山本安夫, “ ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$ と ${}^{13}_{\Lambda}\text{C}$ の $1s$ splitting における ΛN LS と ALS の競合”, 日本物理学会分科会, 1999年9月、島根大学

(28) 肥山詠美子、上村正康、元場俊雄、山田泰一、山本安夫, “ ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ と ${}^4_{\Lambda}\text{He}$ における $\Lambda N - \Sigma N$ 結合と Σ の混合率”, 日本物理学会分科会, 1999年9月、島根大学

文部省科学研究費等の採択

(1) 基盤研究 (C) 「軽いハイパー核の構造とハイペロン - 核子相互作用の精密3体・4体理論による研究」(研究代表者: 上村正康)

(2) 創成的基礎研究「反陽子を用いた反物質科学」(研究分担者: 上村正康)

(3) 基盤研究 (C) 「高速回転する原子核における異相共存現象の理論的研究」(研究代表者: 清水良文)

日本学術振興会特別研究員等及び共同研究の採択 (学外からの受け入れを含む)

なし

他大学での集中講義

(1) 上村正康、“宇宙天体の核物理学”、九州工業大学工学部、1999年7月6日-7月7日

学部4年生卒業研究

長谷川伸也、松本琢磨、松島孝幸、渡邊基也、「量子論的多体問題」(Text: “Quantum Theory of Many Particle Systems” by Fetter and Walecka)、担当:清水

修士論文

- (1) 金城隆志, “複素数サイズガウス型関数による高振動数状態の記述”, 2000年3月
- (2) 新野康彦, “ Q 項を含む $CP^{(N-1)}$ 模型と固定点作用”, 2000年3月
- (3) 中野卓也, “中性子星内殻の超流動性に対する相対論的アプローチ”, 2000年3月

博士論文

- (1) 佐藤求, “The Normal-Ordered Holstein-Primakoff Boson Expansion Method Based on the Dyson Boson Mapping” (ダイソン型ボソン写像法に基づいたノーマルオーダーホルスタイン-プリマコフ型ボソン展開法), 2000年3月
- (2) 藤井新一郎, “Lambda-Nucleon Effective Interactions in Lambda Hypernuclei” (ラムダハイパー核におけるラムダ-核子有効相互作用), 2000年3月

外国人留学生の受け入れ

なし

学外での学会活動

なし

受託研究・民間との共同研究

なし